

EPODOC / EPO

PN - JP61117411 A 19860604
 PD - 1986-06-04
 PR - JP19840238613 19841114
 OPD - 1984-11-14
 TI - **OPTICAL FIBER SENSOR**
 IN - ONO KOZO; NISHIURA YOZO
 PA - AGENCY IND SCIENCE TECHN
 IC - G01C19/64 ; G01P9/00 ; G02B6/00 ; G02B6/28 ; H01S3/18
 CT - JP59166810 A []

WPI / DERWENT

TI - Optical fibre **sensor** - has optical fibre having cross sectional view of **semicircle** and core near centre of circle NoAbstract DWg 1/6
 PR - JP19840238613 19841114
 PN - JP61117411 A 19860604 DW198629 006pp
 PA - (AGEN) AGENCY OF IND SCI & TECHNOLOGY
 IC - G01C19/64 ; G01P9/00 ; G02B6/00 ; H01S3/18
 OPD - 1984-11-14
 AN - 1986-185506 [29]

PAJ / JPO

PN - JP61117411 A 19860604
 PD - 1986-06-04
 AP - JP19840238613 19841114
 IN - ONO KOZO; others: 01
 PA - AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL
 TI - **OPTICAL FIBER SENSOR**
 AB - PURPOSE: To simplify the constitution of an **optical fiber** coupler and to easily correct the direction of polarization by constituting an **optical fiber** coupler so that sectional linear parts of two D type fibers are close to each other.
 - CONSTITUTION: An **optical fiber** 48 consists of D type **optical fibers** 36 and 40 so that their semicylindrically sectioned linear part 44 are close to each other. A light beam from a light emitting element 34 travels to right from the **optical fiber** coupler 48 through a fiber 36 and a rightward light beam from the fiber 36, on the other hand, is branched to the fiber 40 by the coupler 48 and inputted to a **photodetector** 38. The light beam from the laser 34, on the other hand, is inputted to both ends of a **sensor** coil 50 through a coupler 54 to generate a clockwise and a counter-clockwise light beam. Further, light beams outputted from both ends of the coil 50 are mixed by a coupler 54 and inputted to the **photodetector** 38 through the coupler 48, and the **photodetector** 38 calculates a quantity proportional to the angular speed of rotation from the amplitude of the angular frequency component of the light.
 SI - H01S3/18
 I - G01C19/64 ; G01P9/00 ; G02B6/00 ; G02B6/28

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-117411

⑤ Int. Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	⑬ 公開	昭和61年(1986)6月4日
G 01 C 19/64		6723-2F		
G 01 P 9/00		7027-2F		
G 02 B 6/00		M-7370-2H		
		A-8106-2H		
// H 01 S 3/18		7377-5F	審査請求 有	発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 光ファイバセンサ

⑰ 特 願 昭59-238613

⑱ 出 願 昭59(1984)11月14日

⑲ 発 明 者 小 野 公 三 大阪市此花区島屋1丁目1番3号 住友電気工業株式会社
大阪製作所内

⑳ 発 明 者 西 浦 洋 三 大阪市此花区島屋1丁目1番3号 住友電気工業株式会社
大阪製作所内

㉑ 出 願 人 工 業 技 術 院 長

明 細 書

1. 発明の名称 光ファイバセンサ

2. 特許請求の範囲

(1) 断面はば半円形のクラッドと、該クラッドの半円形断面の直線部の近傍に位置するコアとを有するD形ファイバをセンサ用ファイバとして使用し、且つ、該センサ用ファイバの光ファイバカップラは、2本のD形ファイバの断面直線部を互いに近接させて構成されていることを特徴とする光ファイバセンサ。

(2) D形ファイバで構成される前記センサ用ファイバは、光ファイバを多数回コイル状に巻きその光ファイバコイル中を右回りと左回りに光を伝搬させ、両光の伝搬速度の差から角速度を検出する光ファイバジャイロのセンサ用ファイバであり、前記光ファイバカップラは、該光ファイバコイルの各端において光を結合しかつ光を2方向に分岐

するために、前記光ファイバコイルの両端においてD形ファイバ部分の断面直線部を互いに近接させて構成されていることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の光ファイバセンサ。

(3) D形ファイバで構成される前記センサ用ファイバは、音場中に置かれる光ファイバハイドロホンの測定用光ファイバであり、参照光用光ファイバもD形ファイバで構成され、前記光ファイバカップラは、前記測定用光ファイバと前記参照光用光ファイバとに光を分岐する光ファイバカップラと、測定用光ファイバと参照光用光ファイバとからの結合する光ファイバカップラとであり、参照光用光ファイバの入射端と出射端においてそのD形ファイバの断面半円形の直線部を測定用D形ファイバの断面半円形の直線部に近接させて構成されていることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の光ファイバセンサ。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、回転角速度センサである光ファイバジャイロや、水中音響などを測定する光ファイバハイドロホン等のように、光ファイバを使用して物理量を計測する光ファイバセンサに関するものである。

従来の技術

上記した光ファイバジャイロや、光ファイバハイドロホンなどの光ファイバを使用して物理量を計測する光ファイバセンサにおいては、1つの光源からの光を分岐して2以上の光ファイバに結合したり、また、2以上の光ファイバの光を1つの光ファイバに結合して合成するという機能を持つ分岐・合成素子を少なからず必要である。そして、そのような光合成部および光分岐部において、光の損失なく光を合成したりまたは光を分岐することが、測定感度及び測定精度の上で重要である。

このような光合成・分岐素子には、従来、誘電

体または金属薄膜を使った半透過膜が多く使われているが、このような光素子は、光ファイバに比較して大きく、そのために装置全体が大きくなる問題がある。

更に、以上のような光ファイバセンサにおいては、光ファイバを通る光の偏波面が回転せず、また、偏波面を知ることができることが必要である。しかし、従来の光合成・分岐素子は、そのような偏波面を確保するためには、別の光素子が必要であった。

一方、近年、光ファイバを加工し、2本のファイバ間で光の結合または分岐を行う、光ファイバカップラが試作されている。(なお、本明細書において、用語“光ファイバカップラ”は、光を結合または合成することも光を分岐することもできる、光ファイバで構成される素子を意味するものとして使用する。)このような光ファイバカップラ、特に、シングルモードファイバによる光ファイバカップラを製作する技術は、既にいくつかの報告があるが、その結合条件に要求される精度が

厳しく、いづれも再現性に問題がある。また、定偏波ファイバを使って構成することはさらに困難である。

第5図から第7図は、そのような従来の光ファイバカップラの例を示す図である。

第5図は、Stanford UniversityのShawらによって、“Electronics Letters” Vol. 16 (1980) No. 7 pp260-261において発表された光ファイバカップラを示す図である。この第1の従来の光ファイバカップリング方法においては、2本の光ファイバ10及び12を、その被覆を剥ぎ、2つのブロック14及び16のV溝18及び20に接着剤で固定する。V溝18及び20に固定されたファイバ10及び12をブロック14及び16と共に研磨し、ファイバ10及び12のクラッドの一部を除去し、コアの近傍まで研磨を進める。このようにして作られたファイバを2本向かい合わせて、近接させると、両光ファイバのコアが接近して位置するので、一方のファイバを伝搬する光はエバネッセント結合により他方のファイバに結合する。

Stanford Universityでは、この方法によるカップラを使って、光ファイバジャイロの試作も行っている(“Optics Letters” Vol. 6 (1981) No. 4, pp198)。しかし、この光ファイバカップラの製作方法には次のような問題点がある。

- ① ファイバの被覆を剥ぎ取った状態で、接着、研磨等の加工を行なうため、もろいファイバが傷つき、折れやすい。
- ② ファイバのクラッド研磨の終了点、(コアからどれだけの距離で研磨を止めるか)の判定が困難である。
- ③ ファイバが真円ファイバであるため、カップラ以外の場所では、伝搬光の偏波が変動し、光ファイバジャイロ等のセンサに応用する場合では問題となる。

第2の従来例を第6図に示す。これは、Naval ResearchのSheemらが、“Applied Physics Letters” Vol. 35 (1979) No. 2 p131に発表したものである。これは、光ファイバ22、24などを撚り合わせておいて、それら光ファイバのクラッドをフッ酸系の

溶液26でエッチングして、ファイバ全体を細くする。この結果、コア間距離が近接する。

エッチング終了の判定は、一本の光ファイバ22をその一端からレーザ28で励振しておいて、その光ファイバ22と他の光ファイバ24からの出射光を光検出器30A及び30Bでモニタして、希望の分岐比が得られた時点でエッチングを終了する。この方法による問題点は、

- ① ファイバが細く(10~20 μ m程度)なるため、非常にもろい。
- ② フッ酸系溶液がファイバ間に入っている状態と、入っていない状態では、その空間の屈折率の差により、ファイバ間の光の結合状態が異なり、実際に必要な結合度が得られない。
- ③ この場合も、ファイバが真円ファイバであるため、カップラ以外の場所では、伝搬光の偏波が変動し、光ファイバジャイロ等のセンサに应用する場合では問題となる。

たまま、撚り合わせることが必要であり、非常に困難である。

一般に、真円ファイバで構成されたカップラでも偏光特性を持つが、この先に定偏波ファイバを接続するときは、偏光方向と、ファイバの主軸との角度調整に高い精度が要求される。従って、例えば、光ファイバジャイロのセンサコイル用のファイバに定偏波ファイバを使用した場合、光ファイバカップラの光ファイバとの接続が極めて面倒になる。

発明が解決しようとする問題点

以上述べたように、従来の光ファイバセンサにおいて使用されている光ファイバカップラは、製造が面倒であり、また、偏光方向の調整が極めて困難である。更に、光ファイバセンサに使用されている定偏波光ファイバを光ファイバカップラに使用することが面倒であり、また、光ファイバカップラに使用されている光ファイバと光ファイバセンサに使用されている光ファイバとを、偏光方

第7図は、第3の従来方法を示す図である。これは、Naval ResearchのMoeller らによって、“Electronics Letters” Vol.17 (1981) No.17 pp243-244 において発表されているものであり、2本の光ファイバ22及び24を撚り合せて、その撚り合わせ部を加熱器32で加熱して融着する。

この第3の方法は、第2の従来方法の問題点①及び②を解決しているが、2本の光ファイバ26及び28が単純に撚り合されているだけであるので、光ファイバを通る光の偏波面が回転し、また、光ファイバ自体の偏波面を知ることができず、問題点③は依然として解決されていない。

また、光ファイバジャイロ等のセンサ用ファイバには定偏波ファイバが使用されるが、これらの光ファイバカップラはその製造上の問題に加えて、定偏波ファイバには適さないという問題がある。

すなわち、側面研磨による第1の従来方法では、2本の定偏波ファイバの主軸方向を高精度に一致させる必要があり、また、第2及び第3の従来方法では、主軸方向をファイバの長手方向で一致し

向を維持しつつ結合することも極めて面倒であった。

そこで、本発明は、上述した従来の光ファイバカップラ及び光ファイバの問題点を解決した光ファイバセンサを提供せんとするものである。

問題点を解決するための手段

半円形断面のクラッドと、該クラッドの半円形断面の直線部の近傍に位置するコアとを有するD形ファイバが知られており、また、そのD形ファイバを使用したファイバカップラも“Electronics Letters” Vol.19 (1983) No.16, pp601 などにより公知である。本発明の発明者は、そのようなD形ファイバ及びD形ファイバを使用したファイバカップラに着目して研究した結果、本発明に到ったものである。

すなわち、本発明によるならば、断面は半円形のクラッドと、該クラッドの半円形断面の直線部の近傍に位置するコアとを有するD形ファイバをセンサ用ファイバとして使用し、且つ、該セン

サ用ファイバの光ファイバカップラは、2本のD形ファイバの断面直線部を互いに近接させて構成されていることを特徴とする光ファイバセンサが提供される。

作用

以上のような光ファイバセンサにおいて、D形ファイバは、断面半円形の直線部に対する方向により偏光方向の割出しが正確且つ容易にできるので、偏光方向の保持特性に優れている。また、2本のD形ファイバの断面直線部を互いに近接させることにより2本のD形ファイバのコア部を互いに近づけて、一方のD形ファイバを伝搬する光を他方のD形ファイバにエバネッセント結合できるので、光ファイバカップラを極めて簡単につくることができると共に、その光ファイバカップラを偏光特性を持った光ファイバカップラとすることができる。

搬する光が他方のD形ファイバにエバネッセント結合される光ファイバカップラ48を構成している。なお、光ファイバ40の他端は、何にも結合されずに終端している。

以上の光ファイバ36と40との結合は、その断面半円形の直線部を互いに接触させて、両者を機械的に固定したり、または、周囲を接着剤で固めて固定することにより、実現できる。更には、光ファイバ36と40の断面半円形の直線部を互いに接触させて、その部分を加熱器で加熱して融着してもよい。

かくして、発光素子34からの光ビームは、光ファイバ36を通過して第1図において光ファイバカップラ48より右の方向へ進み、一方、光ファイバ36の光ファイバカップラ48より右の方からの光ビームは、光ファイバカップラ48において光ファイバ40に分岐されて光検出器38に入力される。

更に、光ファイバ36は、光ファイバセンサを構成するように、多数回コイル状に巻かれてセンサコイル50を構成し、更に、角周波数 ω で駆動さ

実施例

以下添付図面を参照して本発明による光ファイバセンサの実施例を説明する。

第1図は、D形ファイバを使用した、本発明による光ファイバジャイロの構成を示した図であり、第2図は、その光ファイバジャイロに使用されているD形ファイバの断面形状を示し、第3図は、D形ファイバによる光ファイバカップラの構成を示す図である。

図示の光ファイバジャイロにおいては、発光素子34が発生する光ビームは、光ファイバ36の入射端に結合される。一方、光検出器38に一端が結合された光ファイバ40が設けられている。これら光ファイバ36及び40は、第2図に示すように、断面がほぼ半円形のクラッド42を有し、そのクラッド42の半円形断面の直線部44に近接してコア46が位置するD形ファイバである。

光ファイバ36と40は、第3図に示すように、D形ファイバの断面半円形の直線部44を互いに近接させられることにより、一方のD形ファイバを伝

れるピエゾ位相変調器52の周囲を巻回する。そして、センサコイル50とピエゾ位相変調器52とを間に置く光ファイバ36の部分の両端において、D形ファイバの断面半円形の直線部が、第3図の光ファイバカップラと同様にして近接させられて、もう1つの光ファイバカップラ54を構成する。その光ファイバ36の終端は、何にも結合されずに終っている。

かくして、レーザ34からの光ビームは、光ファイバカップラ54により、センサコイル50の両端に入力されて、右回り光と左回り光がつくられる。また、センサコイル50の両端から出力される右回り光と左回り光は、光ファイバカップラ54により合成され、更に、光ファイバカップラ48を介して光検出器38に入力される。

以上のような光ファイバジャイロにおいて、センサコイル50が受ける回転により、右回り光と左回り光とに伝搬時間に差が生じる。その位相差 $\Delta\theta$ は、

$$\Delta\theta = \frac{4\pi L a}{c \lambda} \Omega$$

但し、L：ファイバ長さ

a：センサコイルの半径

c：真空中の光速度

λ ：光の波長

Ω ：回転角速度

で表される。

そして、ピエゾ位相変調器52を周波数 ω_m で駆動すると、右回り光と左回り光は、次のように表される。

右回り光：

$$E_r \sin \left[\omega t + b \sin \left(\omega_m t + \frac{\phi}{2} \right) + \frac{\Delta \theta}{2} \right]$$

左回り光：

$$E_l \sin \left[\omega t + b \sin \left(\omega_m t - \frac{\phi}{2} \right) - \frac{\Delta \theta}{2} \right]$$

但し、 E_r 、 E_l ：右回り光と左回り光の振幅

ω ：光の角周波数

b：変調度

ϕ ： $\omega_m \tau$

τ ： nL/c

式の光ファイバジャイロや、周波数変調方式の光ファイバジャイロなどにも同様に本発明を適用できる。

第4図は、D形ファイバを使用した、本発明による光ファイバハイドロホンの構成を示す図である。

すなわち、レーザ60からのレーザビームは、測定光用光ファイバを構成するシングルモードのD形ファイバ62に結合され、そのD形ファイバ62の断面直線部に断面直線部が接するように参照光用光ファイバを構成するもう1つのシングルモードのD形ファイバ64が設けられ、光ファイバカップラ66が形成され、レーザ40からのレーザ光は、D形ファイバ62と64とに分岐される。一方のD形ファイバ62は、例えば水中音場68の中に置かれ、他方のD形ファイバ64は、外力を一切受けない環境に置かれる。

そして、D形ファイバ62の出射端は、再び、D形ファイバ64の断面直線部にその断面直線部が接して、光ファイバカップラ70が形成され、D形フ

n：光ファイバの屈折率

かくして、以上のような右回り光と左回り光との干渉光を受ける光検出器38からは、次の式で表される出力が得られる。

$I(\Delta \theta) = DC$ 成分

$$+ \left[2 E_r E_l J_1 \left(2 b \sin \frac{\phi}{2} \cos \omega_m t \right) \sin \Delta \theta \right]$$

但し、 J_1 は1次第1種ベッセル関数

従って、 ω_m 成分の振幅から回転角速度に比例する量 $\Delta \theta$ を求めることができる。

以上のような光ファイバジャイロにおいては、使用されている光ファイバがD形ファイバであるので、偏光方向は容易に特定することができ、また、光ファイバカップラは、そのD形ファイバの断面半円形の直線部を互いに近接させて構成されているので、極めて簡単に且つ極めて小さく構成することができ、その光ファイバカップラにおける偏光方向の割出しも極めて簡単である。

なお、上記した光ファイバジャイロは、いわゆる位相変調方式のものであるが、位相バイアス方

ファイバ62を通った測定光ビームとD形ファイバ64を通った参照光ビームとが結合すなわち合成される。かくして、測定光ビームと参照光ビームとの合成光が、ホトダイオードの如き光検出器72の受光面に入射する。その光検出器72の出力は、例えば音波波形表示機能又は音波スペクトル表示機能を持つ信号処理装置74に送られる。

以上の如き光ファイバハイドロホンにおいて、水中音場68の中の光ファイバ62は、水中音場を伝搬する音波即ち圧力波を受ける。光ファイバの屈折率は、圧力に依存するので、音波によって光ファイバが受ける圧力変化は、光路長（位相）変化として出現する。従って、水中音場に置かれた光ファイバ62を通過してきた測定光ビームと、参照光用光ファイバ64を通過してきた参照光ビームとを合成してホモダイン検波することにより、光ファイバ62に作用した音波を検出することができる。

以上のような光ファイバハイドロホンにおいて、測定光用及び参照光用の光ファイバにD形ファイバを使用しているので、偏波方向を保持すること

ができ、また、その2本のD形ファイバの半円形断面の直線部を接しさせて光ファイバカップラを構成させているので、同じ偏波方向をもって分岐しまた合成することができる。従って、合成される光ビームの偏波方向を同一に維持することができる。

以上の実施例の説明から明らかなように、本発明による光ファイバセンサにおいては、光ファイバにD形ファイバを使用しているので、光ファイバカップラが、2本のD形ファイバの断面半円形の直線部を近接対向するだけで構成できる。従って、ファイバ化された後で、エッチング研磨等の加工の必要はない。

また、カップラ以外の部分でも、D形ファイバは、第2図に示すような断面構造を持っており、非軸対称な構造であることから、偏波保持特性を持っている。従って、ファイバ伝搬中に偏波面の回転が起こらず、光ファイバジャイロなどのように、2つの光を干渉させたときの強度を出力として得るセンサにおいては非常に効果がある。

第3図は、D形ファイバによる光ファイバカップラの構成を示す図であり、

第4図は、D形ファイバを使用した、本発明による光ファイバハイドロホンの構成を示す図であり、

第5図、第6図及び第7図は、従来の光ファイバカップリングの構成を示す概略図である。

〔主な参照番号〕

10、12・・・光ファイバ、14、16・・・ブロック、
18、20・・・V溝、22、24・・・光ファイバ、
26・・・フッ酸系溶液、28・・・レーザ、
30A、30B・・・光検出器、32・・・加熱器、
34・・・発光素子、36、40・・・光ファイバ、
38・・・光検出器、42・・・クラッド、
46・・・コア、48、54・・・光ファイバカップラ、
50・・・センサコイル、52・・・位相変調器、
60・・・レーザ、62・・・測定光用光ファイバ、
64・・・参照光用光ファイバ、
66、70・・・光ファイバカップラ、

以上、本発明の実施例を光ファイバジャイロ及び光ファイバハイドロホンを例にとりて説明したが、本発明は、それらに限らず、レーザドップラ速度計等、光ファイバを使って構成される各種センサに共通するものでもある。

発明の効果

以上の説明から明らかなように、本発明により、従来技術に比べて、光ファイバカップラの構成が非常に簡単でしかも量産可能であり且つ偏波方向を認識しつつ光を分岐また合成することができ、更に、光ファイバ自体の偏波保持特性の優れた光ファイバセンサが実現できる。

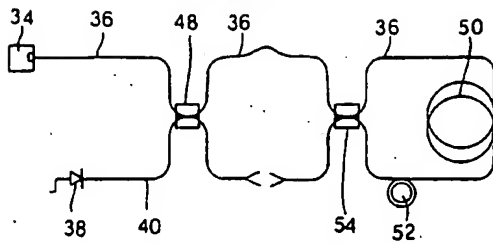
4. 図面の簡単な説明

第1図は、D形ファイバを使用した、本発明による光ファイバジャイロの構成を示した図であり、
第2図は、第1図の光ファイバジャイロに使用されているD形ファイバの断面形状を示す図であり、

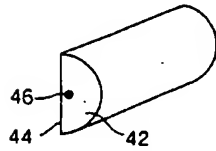
68・・・水中音場、72・・・光検出器、
74・・・信号処理装置

特許出願人 工業技術院長 等々力 達

第1図

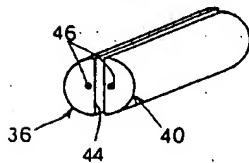


第2図

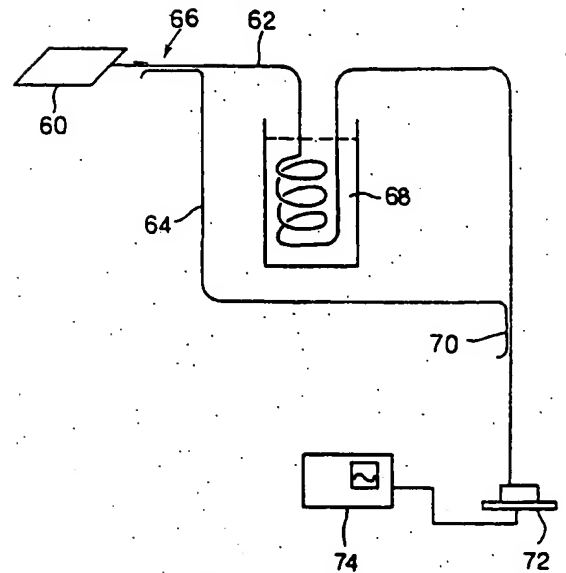


- 34 : 発光素子
- 36,40 : 光ファイバ
- 38 : 光検出器
- 42 : クラッド
- 46 : コア
- 48,54 : 光ファイバカップラ
- 50 : センサコイル
- 52 : 位相変調器

第3図

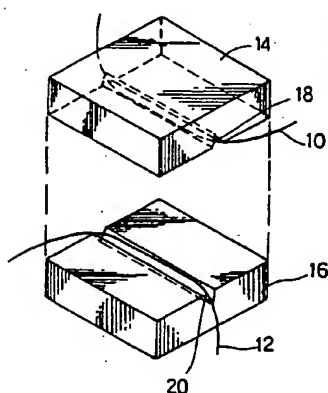


第4図



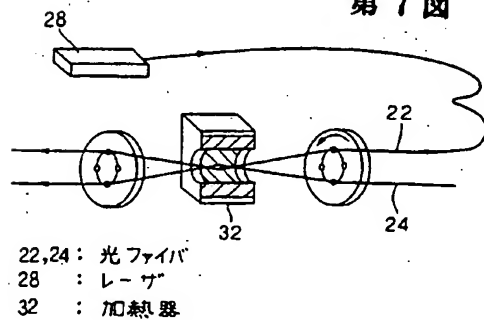
- 60 : レーザ
- 62 : 測定光用光ファイバ
- 64 : 参照光用光ファイバ
- 66,70 : 光ファイバカップラ
- 68 : 水中音場
- 72 : 光検出器
- 74 : 信号処理装置

第5図



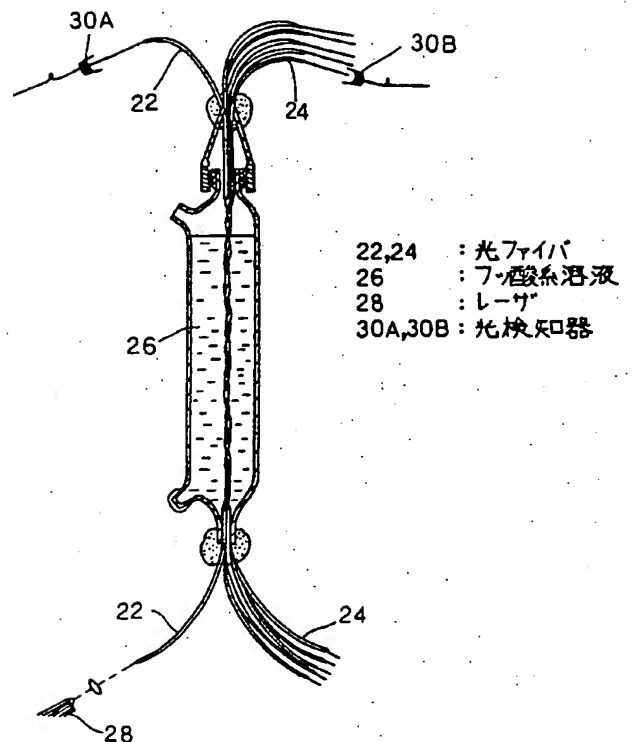
- 10,12 : 光ファイバ
- 14,16 : アロック
- 18,20 : V溝

第7図



- 22,24 : 光ファイバ
- 28 : レーザ
- 32 : 加熱器

第6図



- 22,24 : 光ファイバ
- 26 : フッ酸系溶液
- 28 : レーザ
- 30A,30B : 光検知器

